

Methods of evaluation of occlusal contacts in orthodontic patients – review of literature

Metody oceny kontaktów okluzyjnych u pacjentów ortodontycznych. Przegląd piśmiennictwa

Katarzyna Piątek-Jakubek, Sylwia Motyl, Stephen Williams,
Bartłomiej W. Loster

Katedra Ortodontji, Instytut Stomatologii, Wydział Lekarski, Uniwersytet Jagielloński Collegium Medicum, Kraków, Polska
Department of Orthodontics, Dental Institute, Faculty of Medicine, Jagiellonian University Medical College, Cracow, Poland
Head: prof. B.W. Loster

Abstract

Introduction. The assessment of occlusal contacts before and after orthodontic treatment is important in the light of the evaluation of the therapeutic effects. Functional stability is ensured, first and foremost, by good intercuspation, with many, properly localized occlusal contacts. **Aim of the study.** To present methods of registration and evaluation of occlusal contacts and to summarize conclusions from the literature on the analysis of occlusal contacts in an orthodontic patient. **Material and methods.** PubMed, EBSCOhost, Science Direct and Google Scholar were searched for the literature of the subject by entering the following keywords: occlusal contacts analysis, occlusal contacts orthodontic treatment, occlusion indicators, occlusion recording materials. Thirty-three articles were analyzed. **Results.** For the registration of occlusal contacts, qualitative methods (wax, silicone, an articulating paper, a foil, a silk strip) as well as quantitative ones (photoocclusion technique, T-scan) are used. It is important to use simple and reliable methods of recording the results of occlusion tests to assess the changes that occur. Two-dimensional methods (e.g. description, photo, scheme or computer drawing) or three-dimensional ones (e.g. virtual models) may be mentioned. In the retention phase, there is a dynamic change in occlusal contacts. There is a significant increase in the number of ideal occlusal contacts, but the number of incorrectly located contacts is also increasing. Therefore, it is believed that settling should take place in the last phase of active orthodontic treatment. Evaluation of

Streszczenie

Wstęp. Ocena kontaktów okluzyjnych przed leczeniem ortodontycznym i po jego zakończeniu ma istotne znaczenie w świetle ewaluacji efektów terapii. Stabilność funkcjonalna jest zapewniona przede wszystkim przez dobre zaguzkowanie, z wieloma właściwie rozmieszczonymi kontaktami okluzyjnymi. **Celem pracy** było przedstawienie metod służących do rejestracji i oceny kontaktów okluzyjnych oraz podsumowanie wniosków z literatury odnośnie analizy punktów zwarciovych u pacjenta leczonego ortodontycznie. **Materiał i metody.** Wyszukiwanie piśmiennictwa przeprowadzono korzystając z wyszukiwarek PubMed, EBSCOhost, Science Direct oraz Google Scholar; wpisując następujące słowa kluczowe: occlusal contacts analysis, occlusal contacts orthodontic treatment, occlusion indicators, occlusion recording materials. Do analizy zakwalifikowano 33 artykuły. **Wyniki.** Do rejestrowania kontaktów okluzyjnych stosowane są zarówno metody jakościowe (wosk, silikon, kalka artykulacyjna, folia, pasek jedwabny), jak i ilościowe (fotookluzyjna, T-scan). Bardzo ważne jest stosowanie prostych i niezawodnych metod zapisu wyników badania okluzji, aby móc oceniać zmiany w niej zachodzące. Można wymienić metody zapisu dwuwymiarowego (np. opis, fotografia, schemat lub komputerowy rysunek) lub trójwymiarowego (np. modele wirtualne). W fazie retencji dochodzi do dynamicznych zmian w zakresie kontaktów okluzyjnych. Notuje się istotny wzrost liczby idealnych punktów zwarciovych, ale wzrasta również liczba kontaktów zlokalizowanych nieprawidłowo.

KEYWORDS:

occlusal contacts, occlusion recording materials, orthodontic treatment

HASŁA INDEKSOWE:

kontakty okluzyjne, materiały do rejestracji okluzji, leczenie ortodontyczne

the number and location of occlusal contacts may be the most important predictor of occlusion stability and may be helpful in explaining the relapse, should this happen in the future. **Conclusion.** The evaluation of occlusal contacts, although very important, is not commonly used in orthodontic practice. There is no "gold standard" for marking, recording and evaluation of occlusal contacts.

Introduction

Recording and evaluation of occlusal contacts is an integral part of the patient's clinical examination. It is applicable in all areas of dentistry because both restorative and prosthetic restorations, tooth extractions and effects of orthodontic treatment have an influence on occlusion. For many reasons, examination of occlusal contacts is of clinical importance. Incorrect occlusal conditions lead to abrasion, fracture of teeth and damage to restorative and prosthetic reconstruction. Within the overloaded teeth, the gingiva and periodontal ligaments are lost, resulting in deepening of the gingival pockets and formation of pathological ones, and in consequence the deterioration of oral hygiene and occurrence of inflammatory conditions.¹ The presence of a single tooth in the so-called "supracontact" during maximum intercuspation or jaw movement is referred to as traumatic occlusal interference.² If present, even within a few micrometers, it leads to a forced bite, which is associated with uneven muscle activity, and may result in dysfunction of the temporomandibular joint, facial, head and neck pain, hearing impairment, tinnitus and other complaints.^{1,3} Evaluation of occlusal contacts before and after orthodontic treatment is important in the light of evaluation of the therapeutic effects. One of the goals of orthodontic treatment is to achieve stable occlusion, both in terms of structure and function. Structural durability is expressed by lack of tooth and skeletal relapse, while the functional one is assured primarily by good intercuspation, with many properly localized occlusal contacts.⁴

Dlatego uważa się, że settling powinien odbywać się w ostatniej fazie aktywnego leczenia ortodontycznego. Ocena liczby i rozmieszczenia kontaktów zwarcia może być najważniejszym predykatorem stabilności okluzji i okazać się pomocną w wyjaśnieniu nawrotu wady, jeśli ten zdarzy się w przyszłości. **Podsumowanie.** Ocena kontaktów zwarciovych, mimo że bardzo istotna, nie jest powszechnie stosowana w praktyce ortodontycznej. Brakuje „złotego standardu” dla znakowania, zapisu i oceny kontaktów okluzyjnych.

Wstęp

Rejestrowanie i ocena kontaktów okluzyjnych jest integralną częścią badania przedmiotowego. Znajduje zastosowanie we wszystkich dziedzinach stomatologii, ponieważ zarówno odbudowy zachowawcze, jak i protetyczne, ekstrakcje zębów, efekty leczenia ortodontycznego mają wpływ na zmiany w okluzji. Z wielu powodów badanie punktów międzyzębowych ma duże znaczenie kliniczne. Nieprawidłowe warunki okluzyjne prowadzą do starć i pęknięcia zębów oraz niszczenia rekonstrukcji zachowawczych i protetycznych. W obrębie przeciążonych zębów dochodzi do zaniku dziąsła i więzadeł przyzębia, co skutkuje pogłębianiem się kieszeni dziąsłowych i powstawaniem patologicznych, a co za tym idzie pogorszeniem higieny jamy ustnej i wystąpieniem stanów zapalnych.¹ Obecność pojedynczego zęba w tzw. „suprakontakcie” podczas maksymalnej interkuspidacji lub w czasie ruchów żuchwy określa się mianem urazowej przeszkody zgryzowej.² Jeśli występuje, nawet w zakresie kilku mikrometrów, prowadzi do zgryzu wymuszonego, co wiąże się z nierównomierną aktywnością mięśni i może skutkować objawami dysfunkcji ze strony stawu skroniowo-żuchwowego, objawami bólowymi twarzy, głowy i szyi, zaburzeniami słuchu, szumami usznymi i innymi dolegliwościami.^{1,3} Ocena kontaktów okluzyjnych przed leczeniem ortodontycznym i po jego zakończeniu ma istotne znaczenie w świetle ewaluacji efektów terapii. Jednym z celów leczenia ortodontycznego jest uzyskanie stabilnej okluzji, zarówno pod względem strukturalnym, jak i czynnościowym. Trwałość strukturalna wyrażana jest poprzez brak zębowej i szkie-

Objective

The aim of the study was to present methods of registration and evaluation of occlusal contacts and to summarize conclusions from the literature on the analysis of occlusal contacts in an orthodontic patient.

Material and methods

Searching of literature was performed using PubMed, EBSCOhost, Science Direct, and Google Scholar. The following keywords were used for this purpose: *occlusal contacts analysis, occlusal contacts orthodontic treatment, occlusion indicators, occlusion recording materials*. A total of 653112 results were obtained, mainly in English. References of selected articles were searched to obtain other studies. For the analysis, 33 articles corresponding to the aims of the study were included, with 3 in Polish and 30 in English.

Results

Methods of evaluation of occlusion contacts

Various materials-indicators are used to evaluate the number and the location, and to define the types of occlusal contacts.^{3,5} Both qualitative and quantitative methods are used. For the qualitative analysis, to describe primarily the distribution of points, wax, silicone, articulating paper, foil or silk strip are used. Sequence and density of points, reflecting the value of the forces produced during mastication, are possible with the use of quantitative techniques such as a photocclusion technique or a T-scan device.³

It is also important to use simple and reliable methods of recording the results of the occlusion test for both clinical dentistry and research. If an accurate, repeatable occlusal protocol is not utilized, changes in occlusion cannot be evaluated.⁶ The record of examination may be stored in documentation or sent for consultation.

Methods of qualitative assessment

Korioth⁷ evaluated the number and location of occlusal points using **alginate impression material**. Durbin and Sadowsky⁸ described the method of evaluation of interdental contacts before

letowej recydywy, natomiast funkcjonalna – jest zapewniona przede wszystkim przez dobre zaguzkowanie, z wieloma, właściwie rozmieszczonymi kontaktami okluzyjnymi.⁴

Cel pracy

Celem pracy było przedstawienie metod służących do rejestracji i oceny kontaktów okluzyjnych oraz podsumowanie wniosków z literatury odnośnie ewaluacji punktów zwarciovych u pacjenta leczonego ortodontycznie.

Materiał i metody

Wyszukiwanie piśmiennictwa przeprowadzono, korzystając z wyszukiwarek PubMed, EBSCOhost, Science Direct oraz Google Scholar. W tym celu zastosowano następujące słowa kluczowe: *occlusal contacts analysis, occlusal contacts orthodontic treatment, occlusion indicators, occlusion recording materials*. Uzyskano łącznie 653112 wyników, głównie w języku angielskim. Ręcznie przeszukano piśmiennictwo wyłoniionych artykułów w celu pozyskania innych badań. Do analizy zakwalifikowano 33 artykuły odpowiadające celom pracy, przy czym 3 w języku polskim i 30 angielskim.

Wyniki

Metody oceny kontaktów okluzyjnych

Do oceny liczby, lokalizacji oraz zdefiniowania rodzajów kontaktów okluzyjnych służą różne materiały – wskaźniki.^{3,5} Stosowane są zarówno metody jakościowe, jak i ilościowe. W celu przeprowadzenia analizy jakościowej, opisującej przede wszystkim rozmieszczenie punktów, wykorzystywane są: wosk, silikon, kalka artykulacyjna, folia czy pasek jedwabny. Ocena sekwencji oraz gęstości punktów, odzwierciedlającej wartości generowanych sił podczas aktu zwania, jest możliwa przy wykorzystaniu technik ilościowych, np. fotookluzyjnej czy urządzenia T-scan.³

Bardzo ważne jest również stosowanie prostych i niezawodnych metod zapisu wyników badania okluzyjnego zarówno w odniesieniu do stomatologii klinicznej, jak i badań naukowych. Jeśli nie posługujemy się dokładnym, powtarzalnym protokołem okluzyjnym, nie możemy oceniać zmian

and after orthodontic treatment, using a **silicone impression material**. Occlusal points were marked on the study models at the perforations in the impression material. *Dinçer et al.*⁴ used silicone putty as a record in the evaluation of occlusal points during retention after orthodontic treatment. Perforations in the material were identified as actual contacts, and translucent areas as near (light) contacts. When transferring results onto the gypsum models, different types of occlusal contacts were marked in different colours. The authors assessed the location of the interdental points on the posterior teeth according to the Ramfjord and Ash method, and found that the contacts were perfectly located in the area of the cusp-marginal ridges and within 1 mm of the area, while the remaining points were located non-ideally. Silicone impression materials have been used as occlusal contact markers in most studies evaluating occlusion in orthodontic patients.^{4,8-14} The use of a **wax record** for evaluation of occlusal contacts was also described.¹⁵ The researchers were placing the wax on posterior upper teeth. Patients were closing dental arches into maximum intercuspation. Then the records were placed in front of the light screen to assess the quality of the occlusal points, and then on plaster models to visualize and verify the position of each point. This method has not been tested with regard to the reproducibility of the results obtained by one operator and different operators.¹⁶

The most common method of evaluating occlusal contacts is to use an articulating paper. Articulating papers are in the shape of a strip or horseshoe. In many hydrophobic products, the colour coating contains waxes, oils and pigments, which do not absorb hydrophilic saliva.³ The basic drawbacks of the articulating papers are as follows: they are easily damaged by saliva, they are too thick and inflexible contributing to obtaining the so-called pseudo-contact markings during examination.³ At present, the manufacturers offer a wide range of products, including relatively thin ones with increased flexibility. Recently, one of the most popular solutions is the use of pressure-sensitive articulating papers with progressive colour transfer. The occlusal point is shown as

zachodzących w okluzji.⁶ Zapis badania może być przechowywany w dokumentacji lub przesyłany w celu konsultacji.

Metody oceny jakościowej

*Korioth*⁷ dokonał oceny liczby i położenia punktów okluzyjnych wykorzystując **alginatową masę wyciskową**. *Durbin* i *Sadowsky*⁸ opisali metodę oceny kontaktów międzyzębowych przed leczeniem ortodontycznym i po jego zakończeniu, przy wykorzystaniu **silikonowej masy wyciskowej** do rejestracji zwarcia. Punkty kontaktów zwarciovych były zaznaczane na modelach diagnostycznych w miejscach perforacji w materiale wyciskowym. *Dinçer* i wsp.⁴ wykorzystali masę silikonową typu *putty* jako rejestrat w badaniach nad oceną punktów okluzyjnych w okresie retencji po leczeniu ortodontycznym. Perforacje w materiale oznaczali jako kontakty rzeczywiste, a przeświecające obszary jako pozorne (lekkie) kontakty. Przy przenoszeniu wyników na modele gipsowe, różne rodzaje kontaktów okluzyjnych były zaznaczane odmiennymi kolorami. Autorzy, oceniając lokalizację punktów międzyzębowych na zębach bocznych, zgodnie z metodą *Ramfjorda* i *Asha*, przyjęli, że kontakty idealnie położone są w obszarze guzków i listewek brzeżnych (cusp-marginal ridges) oraz w obszarze do 1mm od tego obszaru, natomiast pozostałe punkty są położone nieidealnie. Wyciskowe masy silikonowe jako materiały do oznaczania punktów zgryzowych zostały użyte w większości badań oceniających okluzję u pacjentów ortodontycznych.^{4,8-14} Opisane zostało również wykorzystanie **woskowego rejestratu** zwarcia dla oceny kontaktów zwarciovych.¹⁵ Badacze umieszczali wosk na bocznych zębach szczęki. Pacjenci zwierali łuki zębowe do maksymalnej interkuspidacji. Następnie rejestraty były umieszczane przed jasnym ekranem w celu oceny jakości zapisanych punktów zwarciovych, po czym na gipsowych modelach diagnostycznych w celu wizualizacji oraz weryfikacji położenia każdego punktu. Omówiona metoda nie została sprawdzona w odniesieniu do powtarzalności uzyskanych wyników przez jednego operatora oraz różnych operatorów.¹⁶

Najbardziej rozpowszechnioną metodą oceny kontaktów zwarciovych jest użycie **kalki arty-**

a central light spot surrounded by a dark border, because, as a result of the bite of the paper, the dye molecules decompose towards the contact edge uniformly.¹

Another articulating material is silk. An example is Baush Articulating Silk (Baush, Germany). It is tear-resistant, thin (80µm), elastic, so it precisely adapts to cusps and fossae of the teeth.³ However, it should be noted that silk strips may lose their marking ability due to the drying of the dye components and may also be damaged by saliva. It is recommended to store the material in cool and tightly closed conditions.^{3,5}

Shimstock films such as Arti Fol (Baush, Germany) are also available. These are the thinnest indicator materials. According to the manufacturer, the combination of high-tech metal foil (Shimstock 12µm) and double-sided paint coating with crushed colour pigments allows marking all the occlusal points, even on damp surfaces.³ Improving the hydrophilic properties of the film, and thus the adhesion of the pigment to smooth and moist surfaces, is obtained by the use of emulsifiers and special adhesives.¹⁷ It is believed that foils give more accurate readings than articulating papers and silk, but greater pressure must be applied on clinical use.³

Another product is a **liquid contact colour** (e.g. Arti-spot, Baush, Germany). The material is applied with a brush on the controlled surface. The solvent evaporates within a few seconds, leaving a thin layer (3µm). The contact point is clearly visible. The paint can be easily removed using hot water or alcohol.³ According to the manufacturer's information, a liquid contact colour allows for a very reliable check of the accuracy of crowns, bridges, inserts, inlays and onlays, clamps and friction surfaces.

There is also an articulating indicator in the form of **spray** (eg Arti-Spray, Baush, Germany). Like the previous product, it is easy to apply and it forms a thin layer of dye that can be removed with water.

Attention is drawn to the subjectivity of the method using articulating papers or films to evaluate occlusion. The result depends on the examiner's interpretation and on the conditions

kulacyjnej. Kalki występują w kształcie paska lub podkowy. W wielu produktach hydrofobowa, kolorowa powłoka zawiera w składzie woski, oleje i pigmenty, przez co nie chłonie hydrofilowej śliny.³ Za podstawowe wady kalek zgryzowych uznawano następujące: łatwo ulegały zniszczeniu pod wpływem śliny, były za grube i mało elastyczne, co przyczyniało się do uzyskiwania tzw. pseudokontaktów zwarciovych podczas badania.³ Obecnie producenci kalek oferują szeroki asortyment produktów, w tym stosunkowo cienkich i o zwiększonej elastyczności. Jednym z popularyzowanych w ostatnim czasie rozwiązań jest użycie kalki artykulacyjnej czulej na nacisk o progresywnym typie barwienia. Punkt zwarciovu uwidaczniany jest jako centryczny jasny punkt otoczony przez ciemną obwódkę, ponieważ na skutek zagryzienia kalki, cząsteczki z barwnikiem rozkładają się równomiernie w kierunku krawędzi kontaktu.¹

Innym materiałem artykulacyjnym jest **jedwab**. Przykładem jest produkt Baush Articulating Silk (Baush, Niemcy). Jest odporny na zerwanie, cienki (80µm), elastyczny, dzięki czemu dopasowuje się precyzyjnie do guzków i stoków zębów.³ Należy jednak pamiętać, że paski jedwabiu mogą utracić zdolność znakowania na skutek wysuszenia składników barwiących, jak również mogą zostać zniszczone przez ślinę. Zaleca się przechowywanie materiału szczelnie zamkniętego w warunkach chłodnych.^{3,5}

Na rynku dostępne są również **folie artykulacyjne** jak np. Arti-Fol (Baush, Niemcy). Są to najcieńsze materiały wskaźnikowe. Jak podaje producent, połączenie folii metalowej high-tech (Shimstock 12µm) i obustronnej powłoki farby z rozdrobnionymi pigmentami barwnymi, umożliwia zaznaczenie wszystkich punktów okluzyjnych, nawet na powierzchniach wilgotnych.³ Polepszenie właściwości hydrofilowych folii, a co za tym idzie, przylegania pigmentu do powierzchni gładkich i wilgotnych uzyskuje się dzięki zastosowaniu emulgatorów i specjalnych środków adhezyjnych.¹⁷ Uważa się, że folie dają dokładniejsze odczyty niż kalki i jedwab, ale podczas ich klinicznego wykorzystania należy stosować większy nacisk.³

under which the measurement was performed.¹⁸⁻²⁰ It is important to maintain dryness of the teeth surfaces due to the hydrophobic nature of the recording material, and it is also important to use relatively thin records. The thicker the articulating paper, the greater the occlusal contact area; however, the points obtained with the thinnest sheet are in the area marked with the thickest paper.²¹ It is recommended to use films with a thickness of less than 12.5µm because in the case of thicker materials the proprioceptive system is susceptible and it can lead to jaw deviation during registration.^{1,17} Also, the strength of the material and its degree of plastic deformation affect the results of the occlusal analysis.¹⁹ It is commonly assumed that the area of occlusal contact is representative of the occlusal load at this point. However, studies show that the size of the marked point does not accurately reflect the occlusal force.¹⁷ Other authors also argue that the degree of intensity of marking does not correspond to the level of the occlusal load.¹⁸ It should, therefore, be assumed that the methods of colour marking of occlusal contacts are not applicable in quantitative analysis of the occlusion.

None of the above-mentioned occlusion recording materials is ideal. There was a difference in the number of occlusal contacts depending on the marking agent used. It has been observed that more interdental points become visible after application of an articulating film than when silicone is used.¹⁸

The use of articulating papers, silk, foil, spray or liquid contact colour leads to the visualization of occlusal contacts on the surfaces of the teeth, but none of them is a registration material. You can limit yourself to a visual examination, or you can save the results in a two-dimensional (e.g. description, photo, scheme or computer drawing) or three-dimensional figure (e.g. virtual models) and attach them to the documentation.

Davies et al.^{6,16} in *in vitro* and *in vivo* studies assessed the reliability of the so-called '**occlusal sketch**' acetate technique as a method of recording occlusal contacts. A scheme is drawn on the transparent sheet showing dental arches, indicating the occlusal surfaces of the posterior teeth, the

Innym produktem jest **farba kontaktowa** (np. Arti-spot, Baush, Niemcy). Materiał nakładany jest pędzelkiem na kontrolowaną powierzchnię. Rozpuszczalnik wyparowuje w ciągu kilku sekund, pozostawiając cienką warstwę (3µm). Punkt kontaktowy uwidacznia się wyraźnie. Farba może być łatwo usunięta przy użyciu gorącej wody lub alkoholu.³ Zgodnie z informacjami podanymi przez producenta, farby kontaktowe umożliwiają bardzo dokładne sprawdzenie dokładności dopasowania koron, mostów, wkładów, prac typu inlay i onlay, klamer, powierzchni frykcyjnych.

Występuje również indykator artykulacyjny w postaci **sprayu** (np. Arti-Spray, Baush, Niemcy). Podobnie jak poprzedni produkt, łatwo się aplikuje oraz tworzy cienką warstwę barwnika, którą można usunąć wodą.

Zwraca się uwagę na subiektywność metody z użyciem kalek czy folii do oceny okluzji. Uzyskany wynik zależy od interpretacji lekarza badającego, a także od warunków, w jakich pomiar został przeprowadzony.¹⁸⁻²⁰ Istotne jest utrzymanie suchości powierzchni zębów ze względu na hydrofobowość materiału rejestrującego oraz stosowanie względnie cienkich rejestratów. Im grubszy jest papier artykulacyjny, tym większy jest obszar kontaktu okluzyjnego, przy czym punkty uzyskane przy użyciu najcieńszej kalki zawierają się w obszarze zaznaczonym po zastosowaniu kalki najgrubszej.²¹ Zaleca się stosowanie folii o grubości mniejszej niż 12,5µm, ponieważ w przypadku grubszych materiałów układ proprioceptywny wykazuje wrażliwość i może dochodzić do zbaczania żuchwy podczas rejestracji.^{1,17} Również wytrzymałość materiału i stopień jego plastycznej deformacji wpływają na uzyskane wyniki analizy zwarcia.¹⁹ Powszechnie przyjmuje się założenie, że obszar kontaktu zvarciowego jest reprezentatywny dla oceny siły zgryzowej w tym punkcie. Jednak badania dowodzą, że rozmiar zaznaczonego punktu nie odzwierciedla dokładnie siły obciążenia zgryzowego.¹⁷ Inni autorzy twierdzą, że również stopień intensywności znakowania nie koresponduje z poziomem obciążenia podczas zvarcia.¹⁸ Należy więc przyjąć, że metody barwnego znakowania kontaktów zvarciowych nie znajdują zastosowania w analizie ilościowej okluzji.

palatal surfaces of the upper anterior teeth and the labial surfaces of the lower anterior teeth. In this configuration, the lower arch is viewed as if it were seen from above in direct view, and the upper arch is a mirror image. This is the perspective that we face during a clinical examination of a patient lying on a dental chair. Then, after marking the interdental points intraorally using a thin articulating paper, the contacts are transferred to the above-described scheme. According to the authors, this method is fast, simple, inexpensive and reliable. It has a high degree of repeatability between the records obtained by the same operator and between the sketches made by different operators.^{6,16}

Paulo and Wysokińska-Miszczuk²² described the **MP-scan method** for registration of a control occlusal protocol. They use 80µm thick fibrinous papers 80µm Arti-Dry REF BK 60 in combination with articulating papers Progress REF BK 54 (Baush, Germany) in horseshoe shape. As the authors state, the use of progressive papers gives the opportunity to record individual interdental contacts with a distinction between the pressure forces between them. A sheet of fibrinous paper is applied to the sheet of red or blue articulating paper. The record is placed in the patient's mouth and the patient is asked to bite on it. The course of the incisal edges of the upper incisors and the upper midline in the form of an inverted "T" are marked on fibrinous paper. It is recommended to repeat the protocol two or three times, using the same articulating paper and a new fibrinous sheet of paper. Fibrinous papers which have been used are described by the date of the examination, placed in a foil bag and attached to the patient's documentation. In order to assess changes in occlusal conditions, for the next registration an articulating paper in a different colour than the one used before and a piece of paper are used. The reference lines marked on the previously used paper are copied on a new fibrinous paper, and then, according to these lines, the register is placed in the patient's mouth. A paper from consecutive episodes is superimposed on the letter "T" in reverse and evaluated under light, or on the negatoscope, or it is scanned separately and superimposed in the image processing program.

Żaden z wymienionych materiałów rejestrujących okluzję nie jest idealny. Odnotowano różnicę w liczbie kontaktów zwarciovych w zależności od użytego środka znakującego. Zaobserwowano, że po zastosowaniu folii artykulacyjnej uwidacznia się więcej punktów międzyzębowych, niż gdy stosuje się silikon.¹⁸

Stosowanie kalek, jedwabiu, folii, sprayu czy farb artykulacyjnych prowadzi do uwidocznienia kontaktów okluzyjnych na powierzchniach zębów, ale żaden z wymienionych nie stanowi materiału rejestracyjnego. Można ograniczyć się do badania wzrokowego uzyskanych wyników, ewentualnie można zapisać uzyskane wyniki w postaci dwuwymiarowej (np. opis, fotografia, schemat lub komputerowy rysunek) lub trójwymiarowej (np. modele wirtualne) i dołączyć je do dokumentacji.

Davies i wsp.^{6,16} w badaniach *in vitro* i *in vivo* oceniali wiarygodność tzw. **techniki szkicowania zgryzu** jako metody rejestrowania kontaktów zgryzowych. Na przezroczystym arkuszu rysowany jest schemat przedstawiający łuki zębowe, z zaznaczeniem powierzchni zgryzowych zębów bocznych, powierzchni podniebiennych górnych zębów przednich oraz powierzchni przedsionkowych dolnych zębów przednich. W takiej konfiguracji dolny łuk jest postrzegany jakby z góry w patrzeniu bezpośrednim, a górny łuk jest odbiciem lustrzanym. Jest to perspektywa, z którą mamy do czynienia podczas badania klinicznego pacjenta leżącego na fotelu dentystycznym. Następnie, po zaznaczeniu punktów międzyzębowych wewnątrz ustnie przy użyciu cienkiej kalki artykulacyjnej, kontakty przenoszone są na opisany powyżej schemat. Według autorów metoda ta jest szybka, prosta, niedroga i wiarygodna. Posiada wysoki stopień powtarzalności pomiędzy zapisami uzyskanymi przez tego samego operatora, jak i między szkicami wykonanymi przez różnych operatorów.^{6,16}

Paulo i Wysokińska-Miszczuk²² opisali **metodę MP-scan** stosowaną do rejestracji kontrolnego protokołu okluzyjnego. Wykorzystują papierki włóknikowych Arti-Dry REF BK 609 o grubości 80µm w połączeniu z kalkami artykulacyjnymi Progress REF BK 54 (Baush, Niemcy) w formie podkowy. Jak podają autorzy, użycie kalek progre-

The authors describe the MP-scan method as simple, accurate and predictable.²²

For the analysis of the occlusion, including the assessment of occlusal contacts, both normal and abnormal, **the extraoral-model using an articulator and a facebow method** is also used. In this technique, a facebow is required to record the course of the occlusal plane of the maxilla, a semi-individual articulator to visualize static and dynamic occlusal contacts, including their lingual evaluation, two sets of super-hard gypsum models, tweezers, an articulating paper of 7µm thickness and a marker. In the first stage, the contact points in the central relation are examined and then in the non-central occlusion.¹

There is also a possibility to scan impressions or gypsum models, or the oral cavity directly and to present patient models with the **occlusogram in 3-D**. Digital study models were marketed as a commercial product in 1999 under the name OrthoCad (Cadent, Carlstadt, NJ, USA), and in 2001 – emodels (GeoDigm, Chanhassen, MN, USA). The technology used to generate models is different. In the case of *emodels* surfaces of finished gypsum models are scanned, while *OrthoCad* uses “destructive scanning” with multiple scans of thin slices of the model. It is also possible to scan impressions directly to generate digital models (e.g. Digimodel, Orthoproof, Albuquerque, NM, USA).²³ To reconstruct the patient’s occlusal conditions, it is important to align the virtual models accurately.^{24,25} DeLong et al.²⁴ evaluated four different methods for evaluating virtual contacts based on virtual models aligned by: 1) manual selection of contact points located on opposing arches (3-point alignment algorithm), 2) using a scanned interocclusal record seated on the mandibular model, 3) using a record scanned independently, and 4) on the basis of a record scan only. Two virtual surfaces are aligned with each other by minimizing the distance between common analytical areas using an iterative algorithm. The process starts with selecting points from one of the virtual surfaces. For each selected point, the nearest point (nearest neighbour) on the other virtual surface is found. Once the closest neighbours are established, the optimal transformation matrix is

sywnych daje możliwość zarejestrowania poszczególnych kontaktów międzyzębowych z rozróżnieniem sił nacisku pomiędzy nimi. Na arkusz kalki artykulacyjnej koloru czerwonego lub niebieskiego nakłada się arkusz papierka włóknikowego. Rejestrat umieszcza się w jamie ustnej pacjenta i prosi o zagryzienie. Na papierku włóknikowym należy zaznaczyć przebieg brzegów siecznych siekaczy górnych i linię pośrodkową górną w formie odwróconej litery „T”. Zaleca się powtórzyć protokół dwu lub trzykrotnie, korzystając z tej samej kalki i nowych papierków. Użyte papierki włóknikowe opisuje się datą badania, umieszcza w woreczku foliowym i dołącza do dokumentacji pacjenta. Aby ocenić zmiany w zakresie warunków okluzyjnych, do kolejnej rejestracji używa się kalki artykulacyjnej w odmiennym kolorze niż wcześniej oraz papierka. Na papierku włóknikowym kopiuje się linie referencyjne zaznaczone na wcześniej użytym, a następnie zgodnie z przebiegiem tych linii umieszcza się rejestrat w jamie ustnej pacjenta. Papierki z kolejnych odcinków czasowych nakłada się na siebie zgodnie z zaznaczonymi odwróconymi literami „T” i ocenia pod światłem czy na negatoskopie lub skanuje się papierki oddzielnie i nakłada w programie do obróbki zdjęć. Autorzy określają metodę MP-scan jako prostą, w miarę precyzyjną i przewidywalną.²²

W celu analizy zwarecia, w tym oceny kontaktów okluzyjnych, zarówno prawidłowych, jak i nieprawidłowych, stosuje się również **metodę zewnątrzustno-modelową z użyciem artykulatora i łuku twarzowego**. W tej technice niezbędny jest łuk twarzowy do rejestracji przebiegu płaszczyzny okluzyjnej szczęki, artykulator półindywidualny w celu zwizualizowania statycznych i dynamicznych kontaktów zwareciowych, w tym ich oceny od strony językowej, dwa komplety modeli z gipsu supertwardego, pęseta, kalka artykulacyjna o grubości 7µm oraz marker. W pierwszym etapie sprawdza się punkty kontaktowe w relacji centralnej, a następnie w okluzji pozacentralnej.¹

Istnieje możliwość skanowania wycisków lub modeli gipsowych lub bezpośredniego skanowania jamy ustnej i przedstawiania modeli pacjenta z zaznaczeniem **okluzogramu w widoku 3D**. Cyfrowe modele diagnostyczne zostały wprowadza-

determined, which aligns the points of the second virtual surface with respect to the first. The transformation matrix is a mathematical formula and, applied to points describing a rigid body, moves the body from one position to another. The pattern-matching process is repeated until the smallest average square root distance between the nearest neighbours is reached. Then, two virtual surfaces are considered to be optimally aligned. Virtual contacts are considered surfaces (areas) when the distance between two models is less than the tolerance range (in measurements of DeLong et al. $<0.050\text{mm}$).²⁴

Methods of quantitative assessment

Gazit and Lieberman²⁶ were the first to describe a method for the quantitative assessment of occlusal contacts – a photocclusion method. A thin layer of foil/photoplastic plate is placed on the occlusal surfaces of the teeth. The patient keeps the bitten material between teeth for 10-20 seconds. Then, the occlusal points recorded on the film are evaluated using a polariscope. The occlusal force is determined by the observation of the phenomenon of birefringence produced by a plastic plate placed in a polariscope.¹⁹ The results are presented in the form of an occlusal scheme.

In 1987, Maness et al.²⁰ reported the development of a prototype of a new computerized occlusal analysis device. **T-Scan** (Tekscan, USA) was designed to investigate and record occlusal contacts by computer-based analysis of information obtained from a pressure-sensitive film. The system consists of $100\mu\text{m}$ electronic films (sensors) that register occlusal forces, which are equivalent to articulating papers and computer software. The sensor has about 2,000 pressure-sensitive detectors built-in, each of which is scanned a hundred times in 1 second. The examination is performed with the patient in the upright position and involves placing the sensor between the teeth and instructing the patient to bite on it in the maximum intercuspation. During clenching, a video of the formation of interdental contacts is recorded. The results are presented graphically. The manufacturer indicates the ability to record the location, sequence and

dzione na rynek jako produkt komercyjny w 1999 r. pod nazwą OrthoCad (Cadent, Carlstadt, NJ, USA), a w 2001 – emodels (GeoDigm, Chanhassen, MN, USA). Technologia wykorzystywana do generowania modeli jest odmienna. W przypadku *emodels* skanowane są powierzchnie gotowych modeli gipsowych, natomiast w *OrthoCad* stosowane jest „skanowanie destrukcyjne” z wieloma skanami cienkich plasterków modelu. Możliwe jest również bezpośrednie skanowanie wycisków w celu wygenerowania modeli cyfrowych (np. Digimodel; Orthoproof, Albuquerque, NM, USA).²³ W celu odtworzenia warunków zgryzowych pacjenta, istotne jest dokładne zestawienie modeli wirtualnych względem siebie.^{24,25} DeLong i wsp.²⁴ oceniali cztery różne metody do oceny kontaktów wirtualnych; na podstawie modeli wirtualnych zestawianych: 1) manualnie poprzez wybór punktów kontaktu zlokalizowanych na przeciwnych łukach (3-punktowy algorytm dopasowania), 2) wykorzystując zeskanowany rejestrat złącza umieszczony na modelu żuchwy, 3) na modelach wirtualnych zestawionych na podstawie niezależnie zeskanowanego rejestratu oraz 4) wyłącznie na podstawie skanu rejestratu. Dwie powierzchnie wirtualne zostają wyrównane względem siebie przez zminimalizowanie odległości pomiędzy wspólnymi obszarami analitycznymi za pomocą algorytmu iteracyjnego. Proces rozpoczyna się od wyboru punktów z jednej z wirtualnych powierzchni. Dla każdego wybranego punktu zostaje znaleziony najbliższy punkt (najbliższy sąsiad) na drugiej wirtualnej powierzchni. Po ustaleniu najbliższych sąsiadów zostaje określona optymalna macierz transformacji, która wyrównuje punkty drugiej wirtualnej powierzchni w stosunku do pierwszej. Macierz transformacji jest formułą matematyczną i, zastosowana do punktów opisujących ciało sztywne, wywołuje przemieszczanie ciała z jednej pozycji do drugiej. Proces dopasowywania modeli do siebie jest powtarzany aż do momentu, kiedy osiąga się najmniejszą średnią odległość pierwiastka kwadratowego między najbliższymi sąsiadami. Wówczas dwie wirtualne powierzchnie zostają uznane za optymalnie zestawione. Za kontakty wirtualne uznawane są powierzchnie (obszary), których odległości między

the duration of contacts digitally. The software includes several applications for occlusal analysis. With the *Arch Model*, you can present two- or three-dimensional interdental contacts. The *MIP* (maximum intercuspation) option implies a moment, during which the maximum contact points area exists. The *COF* (center of force) function enables the graphical analysis of the occlusal equilibrium. The *MAX* application allows for the representation of all maximum values of forces occurring from the first contact, *Delta* – for visualization of the trace forces, and *Graph* – for comparison of the sum of the forces acting on the left and right sides of the dental arch.¹ Studies conducted by Hsu et al.¹⁹ on the sensitivity and reliability of the T-Scan II system have shown that the sensors have not been equally sensitive to the entire surface, and T-Scan has always recorded fewer occlusal contacts compared to articulating foils. Bozhkova²⁷ evaluated the third generation of the device, which is an improved version of the original. First of all, the sensor is thinner and more sensitive compared to its predecessors. The software has also been modified and improved. The author believes that the system is accurate in analyzing the order of forming and the magnitude of force of occlusal contacts through the digital representation of the conversion of qualitative and quantitative data. In addition, she draws attention to the main advantage of the device, which is the objectivity of the occlusion analysis. Koos et al.²⁸ considered computer-based occlusal contact analysis using T-scan III to be superior to other commonly used techniques, particularly with regard to the assessment of occlusal forces on individual teeth. They consider the measurements to be accurate and reproducible. Since 2002, the fourth generation of the device has been available.

The second device used for computer-based occlusion analysis is the two-stage **Prescale** system (Fuji Film Co., Japan). In the first step, occlusal contacts are recorded with a colour-changing film from white to black under the influence of the force exerted on it. In the second step, the scanner analyses the colours of the film, giving the opportunity to measure absolute forces. Compared to the T-scan system, this measurement is not

dwoma modelami są mniejsze niż zakres tolerancji (w badaniach DeLonga i wsp. <0.050mm).²⁴

Metody oceny ilościowej

Gazit i Lieberman²⁶ jako pierwsi opisali metodę dla ilościowej oceny kontaktów okluzyjnych – **metodę fotookluzyjną**. Na powierzchniach zgryzowych zębów umieszcza się cienką warstwę folii/płytki fotoplastycznej. Pacjent utrzymuje zagryziony materiał między zębami przez 10-20 sekund. Następnie punkty zwarciove zarejestrowane na folii są oceniane przy użyciu polaryskopu. Siła zwarcia jest określana na podstawie obserwacji zjawiska dwójłomności powstającego w płytce z tworzywa sztucznego umieszczonej w polaryskopie.¹⁹ Wyniki prezentowane są w formie schematu okluzyjnego.

W 1987 r. Maness i wsp.²⁰ poinformowali o opracowaniu prototypu nowego skomputeryzowanego urządzenia do analizy zgryzu. Przyrząd **T-Scan** (Tekscan, USA) został zaprojektowany do badania i rejestrowania kontaktów okluzyjnych poprzez komputerową analizę informacji uzyskanych z filmu wrażliwego na nacisk. W skład systemu wchodzi elektroniczne folie o grubości 100µm (sensory), które rejestrują siły zwarciove i są odpowiednikami kalek zgryzowych oraz oprogramowanie komputerowe. Czujnik ma wbudowanych ok. 2000 detektorów wrażliwych na ucisk, z których każdy jest skanowany stukrotnie w czasie 1 sekundy. Badanie przeprowadzane jest w pozycji siedzącej pacjenta i polega na umieszczeniu czujnika między zębami i poleceniu zagryzienia go w maksymalnym zaguzkowaniu zębów. Podczas zagryzania nagrywany jest film rejestrujący powstawanie kontaktów międzyzębowych w czasie. Wyniki prezentowane są w formie graficznej. Producent wskazuje na możliwość cyfrowego zapisu zarówno lokalizacji, sekwencji powstawania kontaktów, jak i czasu ich trwania. Oprogramowanie zawiera kilka aplikacji umożliwiających analizę okluzji. Dzięki funkcji *Arch Model* (model łuku) można przedstawić kontakty międzyzębowe w postaci dwu- lub trójwymiarowej. W opcji *MIP* (maksymalne zaguzkowanie) obrazowany jest moment zwarcia, podczas którego istnieje maksymalna powierzchnia punktów

precise since it distinguishes only eight shades of grays and has the ability to register occlusal forces of not more than 0.9kN. In addition, the occlusal contacts are not recorded in time.²⁹

Evaluation of occlusal contacts in orthodontic patients

It appears that detailed examination and evaluation of interdental points are not a standard in everyday orthodontic practice.²⁶ The simplest recording of occlusal conditions using an articulating paper or wax is most commonly used, and the results are analysed visually.

*Gazit and Lieberman*²⁶ described photocclusion technique as described above and used it for the qualitative and quantitative analysis of occlusal contacts after orthodontic treatment at three intervals (at the end of treatment, one month and one year later). They calculated the number of contacts and the pressure force at each point on the basis of the interpretation of the light penetration rate (given in%) by the photoplastic film placed in the polariscope. They rated the result to 40% as light contact, 40-60% – medium and heavy – over 60%. The results of the analysis were presented in the scheme, symbolizing the types of contacts described. After the end of orthodontic treatment, there is a dynamic change in occlusal contacts. *Gazit and Lieberman*²⁶ noted an increase in the number of occlusal points by 56% in the first year after treatment. According to the authors, nature, that is continuous eruption and adaptation processes, brings teeth into contact more precisely than an orthodontic appliance.²⁶ *Sullivan et al.*³⁰ noted that the number of contacts in patients after the active phase of treatment was lower than in the control group but increased significantly over time. Significant increase in occlusal points during retention was noted by *Dinçer et al.*⁴ No significant changes were observed in location of the points. They also noticed that the so-called non-ideally located contacts occurred mainly on the second molar teeth, which indicates the need to take into account the presence of these teeth during treatment with fixed appliances and retainers. In the retention phase, the increase in the number of occlusal contacts in the correct areas on the

kontaktu. Funkcja *COF* (środek sił) umożliwia analizę graficzną równowagi zwarcia. Aplikacja *MAX* (maksymalna siła łączna) pozwala na przedstawienie wszystkich maksymalnych wartości sił występujących od pierwszego kontaktu, *Delta* – na uwidocznienie miejsc działania sił śladowych, natomiast *Graph* (analiza graficzna) – na porównanie sumy sił działających po stronie lewej i prawej łuku zębowego.¹ W badaniach przeprowadzonych przez *Hsu i wsp.*¹⁹ nad wrażliwością i niezawodnością systemu T-Scan II wykazano, że czujniki nie miały jednakowej wrażliwości na całej powierzchni, a T-Scan zawsze rejestrował mniej kontaktów zgryzowych w porównaniu do rejestracji za pomocą folii okluzyjnych. *Bozhkova*²⁷ ocenia III generację urządzenia, która jest udoskonaloną wersją oryginału. Przede wszystkim czujnik jest cieńszy i bardziej czuły w porównaniu do poprzedników. Oprogramowanie również zostało zmodyfikowane i ulepszone. Autorka uważa, że system jest dokładny w analizie kolejności powstawania i wielkości siły kontaktów zwarciowych poprzez cyfrowe przedstawienie konwersji danych jakościowych do ilościowych. Ponadto, zwraca uwagę na główną zaletę urządzenia, jaką jest obiektywność oceny zwarcia. *Koos i wsp.*²⁸ uznali komputerową analizę kontaktów zwarciowych przy użyciu T-scan III za lepszą od innych powszechnie stosowanych technik, szczególnie w odniesieniu do oceny poziomu sił zgryzowych na poszczególnych zębach. Uważają uzyskiwane pomiary za dokładne i powtarzalne. Od 2002r. dostępna jest 4 generacja urządzenia.

Drugim przyrządem stosowanym do komputerowej analizy zwarcia jest dwuetapowy system **Prescale** (Fuji Film Co., Japonia) W pierwszym etapie, kontakty zwarciowe rejestruje się folią zmieniającą kolor od białego do czarnego pod wpływem wywieranej na nią siły. W drugim etapie skaner analizuje kolory folii, co daje możliwość pomiaru sił bezwzględnych. W porównaniu do systemu T-scan jest to pomiar mało precyzyjny, ze względu na rozróżnianie tylko 8 odcieni szarości oraz możliwość rejestracji sił zgryzowych nie większych niż 0,9kN. Ponadto, nie dochodzi do zarejestrowania sekwencji pojawiania się kontaktów okluzyjnych w czasie.²⁹

surfaces of the teeth can have a beneficial effect on the health, function and stability of the occlusion. Since there is also an increase in the number of non-ideal localized interdental points, it is believed that the settling should take place in the final phase of active treatment.^{4,9} The increase in the number of ideal occlusal contacts leads to the distribution of occlusal forces (up to the maximum number of inclined planes) along the long axes of the teeth during intercuspation, minimizing overloading of teeth and periodontal tissues and providing them with maximum support. The authors concluded that the assessment of the number and location of occlusal contacts may be the most important predictor of occlusion stability and that it may prove useful in explaining the relapse, should it occur in the future.^{4,10} *Dinçer et al.*¹⁰ conducted a similar study on the impact of thermoplastic retainers on occlusal contacts. In this case, there was no expected increase in the number of occlusal contacts after the 9-month retention period with Essix thermoformable splints, as the devices were covering the occlusal surfaces of the teeth. After discontinuing the use of the splints, and after another 2.5 years, the increase of the number of both ideal and non-ideal points was noted, with the increase being greater for non-ideal than ideal points. Transparent, thermoformable splints keep the front and posterior teeth in position from the moment they are put into use.¹² It is important to adjust the retention appliances properly, giving the possibility of settling the occlusion. In studies of *Başçiftçi et al.*¹¹ evaluating occlusion during retention phase, when appliances enabling teeth erupting were used such as the Hawley retainer, Jensen plate or 3-3 fixed retainer, the results indicated an increase in the number of occlusal contacts. The researchers reported higher results in the group in which a combination of Jensen appliance and a fixed retainer bonded to the anterior lower teeth was used. It is associated with the lightweight construction of the appliances with short-sectioned arches, and there is no impact on lateral teeth eruption. *Sari et al.*¹⁴ found that both removable appliances such as Hawley retainer and fixed ones allowed for the relative vertical movement of the lateral teeth, but the number

Ocena kontaktów okluzyjnych u pacjentów ortodontycznych

Wydaje się, że szczegółowe badanie i ocena punktów międzyzębowych, nie są standardem w codziennej praktyce ortodontycznej.²⁶ Najczęściej korzysta się z prostej rejestracji warunków zwarciovych przy użyciu kalki artkulacyjnej lub wosku, a wyniki analizuje wzrokowo.

*Gazit i Lieberman*²⁶ opisali omówioną powyżej technikę fotookluzyjną i zastosowali ją do oceny jakościowej i ilościowej kontaktów zwarciovych po zakończeniu leczenia ortodontycznego, w trzech odstępach czasowych (na koniec leczenia, miesiąc i rok później). Obliczyli liczbę kontaktów oraz siłę nacisku w poszczególnych punktach na podstawie interpretacji stopnia przenikania światła (podanego w%) przez fotoplastyczną folię umieszczoną w polaryskopie. Uznali wynik do 40% jako lekki kontakt, 40-60% – średni i mocny – powyżej 60%. Wynik analizy przedstawili na schemacie, oznaczając symbolami opisane rodzaje kontaktów. Po zakończeniu leczenia ortodontycznego dochodzi do dynamicznych zmian w zakresie kontaktów okluzyjnych. *Gazit i Lieberman*²⁶ odnotowali wzrost liczby punktów zwarciovych o 56% w pierwszym roku po zakończeniu leczenia. Według autorów natura, czyli ciągłe procesy wyrzynania i adaptacji, doprowadza zęby do kontaktu bardziej precyzyjnie niż aparat ortodontyczny.²⁶ *Sullivan i wsp.*³⁰ zauważali, że liczba kontaktów u pacjentów po zakończeniu aktywnej fazy leczenia jest niższa niż w grupie kontrolnej, ale znacząco wzrasta z czasem. Znaczący wzrost punktów zwarciovych w okresie retencji zanotowali *Dinçer i wsp.*⁴ Nie zaobserwowali natomiast istotnych zmian w ich położeniu. Zauważyli również, że tzw. nieidealnie położone kontakty występowały głównie na drugich zębach trzonowych, co świadczy o konieczności uwzględniania obecności tych zębów w czasie leczenia aparatami stałymi i retencyjnymi. W fazie retencji, wzrost liczby kontaktów okluzyjnych we właściwych miejscach na powierzchniach zębów, może wpływać korzystnie na zdrowie, funkcję i stabilność okluzji. Ponieważ dochodzi również do zwiększenia liczby nieidealnie zlokalizowanych punktów międzyzębowych, uważa się, że

of contacts in the posterior segment, at the end of the retention period increased significantly in the group using bonded appliances in comparison with the group using removable appliances and the control group. When most retention appliances are used in the anterior section, occlusal interferences occur, which blocks the possibility of eruption of incisors and canines. Studies show that there is no increase in the number of occlusal contacts in these areas.^{8,11,12,14} *Durbin* and *Sadowsky*⁸ also interpret this fact as the overcorrection of overjet and overbite, or incomplete correction of overjet during active treatment. The data presented by *Razdolsky* et al.⁹ are at variance with these results. The authors noted a significant increase in the number of near contacts on incisors. *Durbin* and *Sadowsky*⁸ reported that vertical movements of the teeth can occur up to 21 months after treatment. It seems that changes are not immediate. After 6 weeks of use of a thermoformable splint in one group and a removable Hawley retainer in another group, *Lustig* et al.³¹ did not notice differences between groups in occlusal load and contact surfaces in the test using T-scan device. Short-term follow-up of *Haydar* et al.³² showed that after 3 months of starting retention there was a significant increase in the number of actual contacts only on second premolars. However, when assessing the total number of occlusal points, *Sauget* et al.¹² noted a significant increase in this number in the Hawley retention group.

Dellavia et al.¹³ compared occlusal situation one year after fixed appliance therapy with patients after orthodontic-surgical treatment. They found that patients with orthognathic procedures had smaller areas of occlusal points than patients receiving standard therapy. The numbers of contacts were comparable in both groups.

Many factors have an influence on the number of occlusal contacts, e.g. changes in the position of individual teeth, morphology of the occlusal surfaces involved in the occlusion, or sagittal and transverse jaw relations.

Summary

Currently, there are many methods of evaluation and registration of occlusal contacts. It seems that

tzw. *settling* – proces osiadania zgryzu, powinien odbywać się w ostatniej fazie aktywnego leczenia.^{4,9} Zwiększenie liczby idealnych kontaktów zwarciovych prowadzi do rozkładu sił zgryzu (na maksymalną liczbę nachylonych płaszczyzn) wzdłuż długich osi zębów podczas zaguzkowania, minimalizując przeciążenia zębów i tkanek przyzębia oraz zapewniając im maksymalne podparcie. Autorzy uznali, że ocena liczby i rozmieszczenia kontaktów zwarcia może być najważniejszym predykatorem stabilności okluzji i okazać się pomocna w wyjaśnieniu nawrotu wady, jeśli ten zdarzy się w przyszłości.^{4,10} *Dinçer* i wsp.¹⁰ przeprowadzili analogiczne badania nad oceną wpływu retajnerów termoplastycznych na kontakty zwarciovowe. W tym przypadku nie doszło do oczekiwanego wzrostu liczby kontaktów zgryzowych po zakończeniu 9-miesięcznej retencji szynami termoformowalnymi Essix, gdyż aparaty pokrywały powierzchnie okluzyjne zębów. Po zaprzestaniu użytkowania szyn i kolejnych 2,5 latach, odnotowano wzrost zarówno idealnie, jak i nieidealnie położonych punktów, przy czym wzrost był większy w przypadku nieidealnych w stosunku do idealnych.¹⁰ Przezroczyste, termoformowalne szyny utrzymują zęby przednie i boczne w pozycjach z chwili oddania aparatów do użytkowania.¹² Jest więc istotne, aby odpowiednio dopasowywać aparaty retencyjne, dając możliwość osiadania zgryzu. W badaniach *Başçiftçi* i wsp.¹¹ oceniających okluzję w okresie retencji, gdy stosowano aparaty umożliwiające wyrzynanie się zębów, jak np. retajner Hawleya, płytkę Jensena czy aparat stały 3-3, wyniki wskazywały na wzrost liczby kontaktów okluzyjnych. Badacze zanotowali wyższe wyniki w grupie, w której używano kombinacji aparatu Jensena i stałej retencji klejonej do zębów przednich dolnych, co wiąże się z lekką konstrukcją wymienionych aparatów, wyposażonych w krótko odcinkowe łuki i brakiem wpływu na wyrzynanie zębów w odcinkach bocznych. *Sari* i wsp.¹⁴ stwierdzili, że zarówno aparaty retencyjne zdejmowane typu płyta Hawleya, jak i klejone, pozwalały na względny ruch pionowy zębów bocznych, ale liczba kontaktów w tylnym segmencie, po zakończeniu okresu retencji, zwiększyła się znacznie

the use of articulating papers is still the most common practice. In this case, there are only a few techniques to record the intraoral results. In the age of digitization, the use of computer analysis is becoming increasingly popular, as exemplified by occlusogram of virtual models or T-scan.

Evaluation of occlusal contacts, although very important, is not commonly used in orthodontic practice. Literature can be found primarily in the analysis of occlusal points performed after completion of the active phase of treatment. There is a lack of comparative analyses of data collected for patients before and after treatment with no clear indication of the method of marking, recording and evaluation of occlusal contacts that would be a “gold standard” for use in clinical practice.

w grupie użytkującej aparaty klejone w stosunku do grupy z aparatami zdejmowanymi i grupy kontrolnej. W przypadku stosowania większości aparatów retencyjnych w odcinku przednim dochodzi do interferencji zgryzowych, co blokuje możliwość wyrzynania się zębów siecznych i kłów. Badania pokazują, że nie dochodzi do wzrostu liczby kontaktów zgryzowych w tych obszarach.^{8,11,12,14} Durbin i Sadowsky⁸ tłumaczą ten fakt również nadkorektą nagryzu poziomego i pionowego lub niekompletną korektą nagryzu poziomego w trakcie aktywnego leczenia. W opozycji do tych wyników pozostają dane przedstawione przez Razdolsky'ego i wp.⁹ Autorzy zanotowali istotny wzrost liczby pozornych kontaktów na zębach siecznych. Durbin i Sadowsky⁸ podali, że ruchy pionowe zębów mogą zachodzić do 21 miesięcy od zakończenia leczenia ortodontycznego. Wydaje się, że zmiany nie są natychmiastowe. Po 6 – tygodniowym użytkowaniu szyny termoformalnej w jednej grupie i zdejmowanego aparatu retencyjnego typu Hawleya w drugiej, Lustig i wsp.³¹ nie zauważyli różnic w odniesieniu do sił zgryzowych i powierzchni kontaktów w badaniu przy użyciu urządzenia T-scan. Krótkoterminowe obserwacje Haydara i wsp.³² pokazały, że po 3 miesiącach od rozpoczęcia stosowania retencji doszło do istotnego wzrostu liczby kontaktów rzeczywistych tylko na drugich zębach przedtrzonowych. Jednak oceniając całkowitą liczbę punktów zgryzowych, Sauget i wsp.¹² odnotowali po tym czasie znaczący wzrost tej liczby w grupie użytkującej retajnery Hawleya.

Dellavia i wsp.¹³ porównali obraz okluzji w rok po leczeniu aparatami stałymi i u pacjentów po leczeniu ortodontyczno-chirurgicznym. Dowiedli, że w grupie pacjentów, u których wykonano zabiegi ortognatyczne, występowały mniejsze pola powierzchni punktów zwarciovych niż u pacjentów po zastosowaniu standardowej terapii. Liczby kontaktów były porównywalne w obydwu grupach.

Wiele czynników wpływa na liczbę kontaktów okluzyjnych, np. zmiany w położeniu pojedynczych zębów, morfologia powierzchni okluzyjnej zębów uczestniczących w zwarcu czy strzałkowa i poprzeczna relacja szczęki i żuchwy.³³

Podsumowanie

Obecnie istnieje wiele metod oceny i rejestru kontaktów okluzyjnych. Wydaje się, że nadal najbardziej powszechne jest stosowanie kalek artykulacyjnych. W tym przypadku istnieje tylko kilka technik zapisu uzyskanych wewnątrzustnie wyników. W dobie cyfryzacji coraz bardziej popularne jest wykorzystanie analizy komputerowej, czego przykładem jest okluzogram modeli wirtualnych czy urządzenie T-scan.

Ocena kontaktów zwarciovych, mimo że

bardzo istotna, nie jest powszechnie stosowana w praktyce ortodontycznej. W literaturze można znaleźć przede wszystkim analizy punktów okluzyjnych przeprowadzone po zakończeniu aktywnej fazy leczenia. Brakuje porównań danych zebranych dla pacjentów przed rozpoczęciem leczenia i po jego zakończeniu oraz jednoznaczego wskazania metody znakowania, zapisu i oceny kontaktów zwarciovych, która byłaby „złotym standardem” do stosowania w codziennej praktyce klinicznej.

References

1. Gala A, Pihut M, Majewski S: Uwagi praktyczne dotyczące instrumentalnej analizy zwarcia. *Implantoprotetyka* 2011; 12: 42-43.
2. Baba K, Tsukiyama Y, Clark GT: Reliability, validity, and utility of various occlusal measurement methods and techniques. *J Prosthet Dent* 2000; 83: 83-89.
3. Sharma A, Rahul GR, Poduval ST, Shetty K, Gupta B, Rajora V: History of materials used for recording static and dynamic occlusal contact marks: A literature review. *J Clin Exp Dent* 2013; 5: 48-53.
4. Dinçer M, Meral O, Tümer N: The investigation of occlusal contacts during the retention period. *Angle Orthod* 2003; 73: 640-646.
5. Saraçoğlu A, Özpinar B: In vivo and in vitro evaluation of occlusal indicator sensitivity. *J Prosthet Dent* 2002; 88: 522-526.
6. Davies SJ, Gray RJ, Al-Ani MZ, Sloan P, Worthington H: Inter- and intra-operator reliability of the recording of occlusal contacts using “occlusal sketch” acetate technique. *Br Dent J* 2002; 193: 397-400.
7. Koriath TW: Number and location of occlusal contacts in intercuspal position. *J Prosthet Dent* 1990; 64: 206-210.
8. Durbin DS, Sadowsky C: Changes in tooth contacts following orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1986; 90: 375-382.
9. Razdolsky Y, Sadowsky C, BeGole EA: Occlusal contacts following orthodontic treatment: a follow-up study. *Angle Orthod* 1989; 59: 181-185.
10. Dinçer M, Aslan BI: Effects of thermoplastic retainers on occlusal contacts. *Eur J Orthod* 2010; 32: 6-10.
11. Başçiftçi FA, Uysal T, Sari Z, Inan O: Occlusal contacts with different retention procedures in 1-year follow-up period. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2007; 131: 357-362.
12. Sauget E, Covell DA, Boero RP, Lieber WS: Comparison of occlusal contacts with use of Hawley and clear overlay retainers. *Angle Orthod* 1997; 67: 223-230.
13. Dellavia C, Ghislanzoni LTH, Peretta R: Occlusal morphology 1 year after orthodontic and surgical-orthodontic therapy: A quantitative analysis of clinically successful patients. *Angle Orthod* 2008; 78: 25-31.
14. Sari Z, Uysal T, Başçiftçi FA, Inan O: Occlusal contact changes with removable and bonded retainers in a 1-year retention period. *Angle Orthod* 2009; 79: 867-872.
15. Ehrlich J, Taicher S: Intercuspal contacts of the natural dentition in centric occlusion. *J Prosthet Dent* 1981; 45: 419-421.
16. Davies S, Al-Ani Z, Jeremiah H, Winston D, Smith P: Reliability of recording static and dynamic occlusal contact marks using transparent acetate sheet. *J Prosthet Dent* 2005; 94: 458-461.
17. Carey JP, Craig M, Kerstein RB, Radke J: Determining a relationship between applied occlusal load and articulating paper mark area. *Open Dent J* 2007; 1: 1-7.

18. *Millstein P, Maya A*: An evaluation of occlusal contact marking indicators. A descriptive quantitative method. *J Am Dent Assoc* 2001; 132: 1280-1286.
19. *Hsu M, Palla S, Gallo LM, Dentures C*: Sensitivity and reliability of the T-Scan system for occlusal analysis. *J Craniomandib Disord* 1992; 6: 17-23.
20. *Maness WL, Benjamin M, Podoloff R, Bobick A, Golden RF*: Computerized occlusal analysis: a new technology. *Quintessence Int* 1987; 18: 287-292.
21. *Brizuela-Velasco A, Álvarez-Árenal A, Ellakuria-Echevarria J, Río-Highsmith J, Santamaria-Arrieta G, Martín-Bianco N*: Influence of articulating paper thickness on occlusal contacts registration: A preliminary report. *Int J Prosthodont* 2015; 28: 360-362.
22. *Paulo M, Wysokińska-Miszczuk*: Metoda MP-scan jako kontrolny protokół okluzyjny. *Nowy gabinet Stomatol* 2016; 1: 42-45.
23. *Fleming P, Marinho V, Johal A*: Orthodontic measurements on digital study models compared with plaster models: a systematic review. *Orthod Craniofac Res* 2011; 14: 1-16.
24. *DeLong R, Ko CC, Anderson GC, Hodges JS, Douglas WH*: Comparing maximum intercuspal contacts of virtual dental patients and mounted dental casts. *J Prosthet Dent* 2002; 88: 622-630.
25. *Straga RW*: Comparison of occlusal contacts on mounted dental models to contacts identified on digital 3D models using a new virtual alignment method. Thesis: University of British Columbia; 2009.
26. *Gazit E, Lieberman MA*: Occlusal contacts following orthodontic treatment. Measured by a photocclusion technique. *Angle Orthod* 1985; 55: 316-320.
27. *Bozhkova TP*: The T-SCAN System in Evaluating Occlusal Contacts. *Folia Med (Plovdiv)*. 2016; 58: 122-130.
28. *Koos B, Godt A, Schille C, Göz G*: Precision of an instrumentation-based method of analyzing occlusion and its resulting distribution of forces in the dental arch. *J Orofac Orthop* 2010; 71: 403-410.
29. *Jurkowski P, Kostrzewa-Janicka J, Mierzwińska-Nastalska E*: Komputerowy system analizy zwarcia T-Scan III – budowa, funkcje i zastosowanie. *Protet Stomatol* 2012; 62: 100-109.
30. *Sullivan B, Freer TJ, Vautin D, Basford KE*: Occlusal contacts: Comparison of orthodontic patients, posttreatment patients, and untreated controls. *J Prosthet Dent* 1991; 65: 232-237.
31. *Lustig JR, Rossouw PE, Buschang PH, Behrents RG, Woody RD*: Assessment of post-orthodontic occlusal contacts with wrap-around and clear overlay retainers. *Semin Orthod* 2016; 23: 166-177.
32. *Haydar B, Ciğer S, Saatçi P*: Occlusal contact changes after the active phase of orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1992; 102: 22-28.
33. *Watanabe-Kanno GA, Abrão J*: Study of the number of occlusal contacts in maximum intercuspation before orthodontic treatment in subjects with Angle Class I and Class II Division 1 malocclusion. *Dental Press J Orthod* 2012; 17: 138-147.

Address: 31-155 Kraków, ul. Montelupich 4
 Tel./Fax: +4812 4245402
 e-mail: katarzyna.piatek-jakubek@wp.pl

Received: 27th October 2017
 Accepted: 31st December 2017